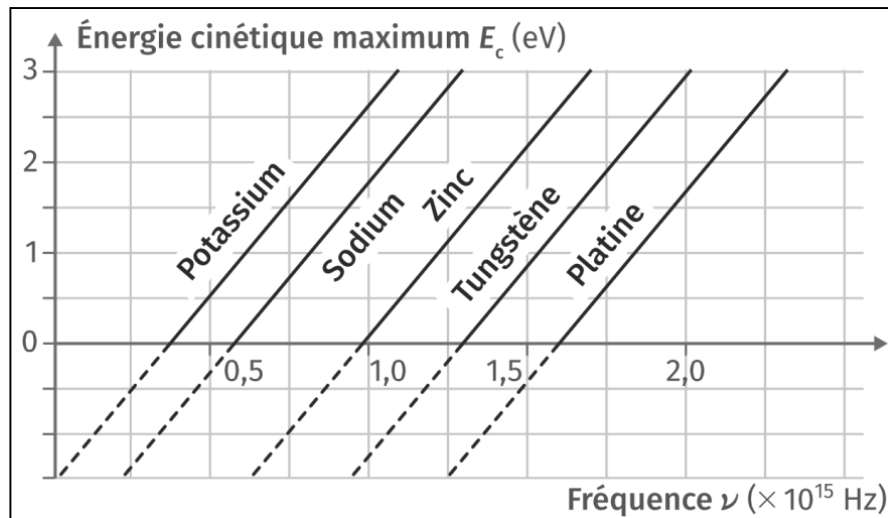


Données : Constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Masse de l'électron $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

► **Exercice 01 :**

1- L'énergie minimale nécessaire pour libérer un électron d'un atome de tungstène (ou travail d'extraction) vaut $W_e = 5,39 \text{ eV}$. En déduire la fréquence seuil ν_{seuil} du tungstène pour en extraire un électron par effet photoélectrique. A quel type de rayonnement cette fréquence correspond-elle ?

2- Comment retrouver cette fréquence seuil sur le graphique ci-dessous, représentant pour différents métaux l'énergie cinétique maximale des électrons émis par effet photoélectrique en fonction de la fréquence du rayonnement électromagnétique incident ?



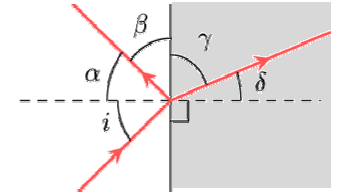
3- D'après ce graphique, quel(s) métal(aux) peu(ven)t subir l'effet photoélectrique avec de la lumière visible ?

4- Si un photon apporte plus que l'énergie nécessaire pour extraire l'électron du métal, le surplus d'énergie est transformé en énergie cinétique (E_c) pour l'électron. Exprimer alors E_c en fonction de la fréquence ν du photon et du travail d'extraction W_{ext} . En déduire ce que représentent l'ordonnée à l'origine et la pente des graphiques ci-dessus.

5- Revenons au cas du tungstène : à quelle vitesse sont éjectés les électrons si on utilise un rayonnement de longueur d'onde dans le vide égale à 200 nm ? à 400 nm ? Cette vitesse dépend-elle de l'intensité de la lumière ?

► **Exercice 02 :**

On considère un rayon évoluant entre l'air (zone blanche) du verre (zone grise). Tous les angles figurant sur le schéma sont non orientés.



1) Exprimer les angles α , β , γ et δ en fonction de i et/ou de n_{air} et n_{verre} (indices optiques de l'air et du verre).

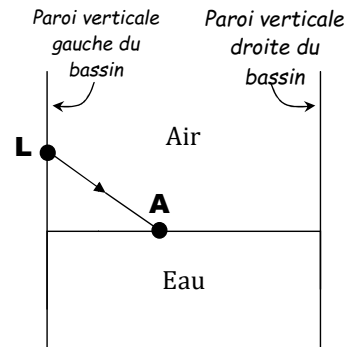
2) De quel angle est dévié le rayon incident ?

3) On oriente désormais les angles avec comme orientation positive celle du sens trigonométrique (anti-horaire). Quel serait le signe des angles d'incidence, de réflexion et de réfraction ?

4) Un élève lit mal la consigne et pense que la zone blanche correspond au verre et que la zone grise correspond au verre. Pourquoi cela n'est-il pas possible ?

► **Exercice 03 :**

Un bassin contient de l'eau sur une profondeur $H = 4,00 \text{ m}$. Il est éclairé par un laser L situé sur la surface verticale de gauche du bassin à une hauteur $h = 2,00 \text{ m}$ par rapport au niveau de la surface de l'eau. Ce laser éclaire un point A situé sur l'eau à une distance $d = 3,00 \text{ m}$ par rapport à la paroi verticale de gauche du bassin. On constate alors qu'un point lumineux B se forme sur la paroi verticale de droite dans l'air et un autre point lumineux C se forme au fond du bassin.



Données : - Indice de réfraction de l'air : $n(\text{air}) = 1,00$
- Indice de réfraction de l'eau : $n(\text{eau}) = 1,33$
- Distance entre les deux parois verticales du bassin : $D' = 8,00 \text{ m}$

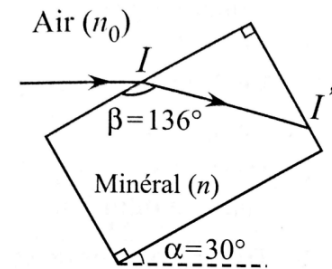
1- Déterminer la valeur de l'angle d'incidence i_1 du rayon parcourant le trajet LA .

2- Dessiner qualitativement le trajet du rayon lumineux justifiant l'apparition du point B . A quelle hauteur h' par rapport à la surface de l'eau se situe ce point B ?

3- Dessiner qualitativement le trajet du rayon lumineux justifiant l'apparition du point C . A quelle distance D par rapport à la paroi verticale de droite du bassin se situe ce point C ?

► **Exercice 04 :**

Un rayon lumineux voyageant dans l'air pénètre horizontalement dans un minéral rectangulaire supposé transparent et isotrope. La disposition du minéral par rapport à l'horizontale (pointillés) et le trajet du rayon lumineux à l'intérieur du minéral sont représentés ci-contre.



1- Déterminer l'indice de réfraction « n » du minéral.

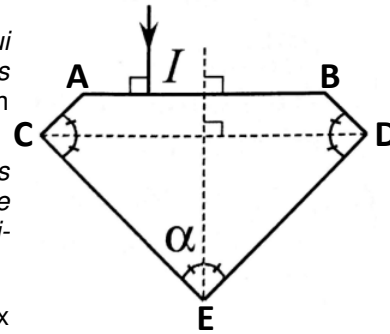
2- Déterminer l'angle d'incidence limite pour le dioptré minéral-air.

3- Le rayon lumineux pourra-t-il ressortir du minéral au point I' ? Si oui, indiquer la valeur de son angle de réfraction. Sinon, déterminer la suite de son parcours au travers du minéral.

► Exercice 05 :

Le verre flint lanthane a un indice de réfraction qui varie entre $n_{400} = 1,90$ et $n_{800} = 1,83$ pour des longueurs d'ondes dans le vide respectivement égales à 400 nm et à 800 nm.

Un rayon de lumière blanche se propageant dans l'air arrive perpendiculairement à la surface supérieure AB d'un verre flint lanthane ABCDE représenté ci-contre avec $\alpha = 45,0^\circ$.



- 1- Avec quel angle d'incidence i_1 le rayon lumineux vient-il frapper la face CE ?
- 2- Calculer l'angle d'incidence limite i_{lim} pour le dioptre Verre/Air selon que la longueur d'onde dans le vide de la radiation incidente vaut 400 nm ou 800 nm. En déduire le chemin emprunté par le rayon de lumière blanche jusqu'à sa sortie du verre.
- 3- Dessiner qualitativement l'allure du rayon de lumière blanche émergeant au point I si le rayon incident n'était pas perpendiculaire à la surface AB du verre.

► Exercice 06 :

Les mirages sont des phénomènes optiques extrêmement courants et spectaculaires. Leur explication physique est très simple, puisqu'elle fait essentiellement intervenir les lois de la réfraction.

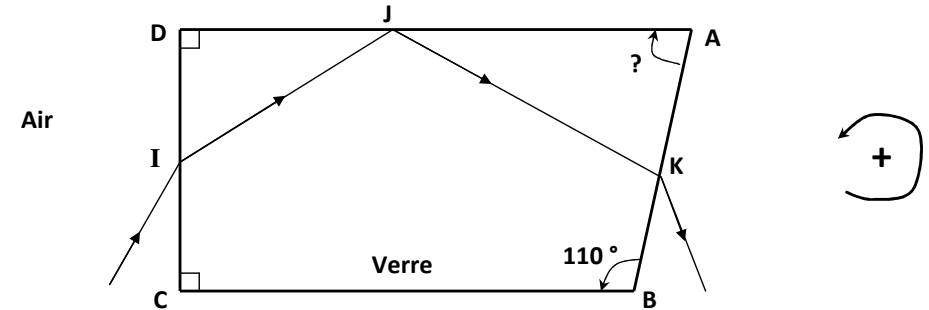


Prenons le cas le plus classique : une route surchauffée en été. La route, sombre, absorbe le rayonnement solaire et devient rapidement très chaude. L'air situé à proximité du bitume chauffe également et sa température décroît lorsqu'on s'éloigne du sol. L'indice de réfraction dépend de la température de l'air : plus l'air est chaud, plus son indice est faible. Par conséquent, au-dessus de la route, on observe un gradient d'indice avec des indices faibles près du sol et des indices de plus en plus élevés lorsqu'on monte et que la température diminue. Suivons maintenant un rayon lumineux provenant d'un nuage (ou d'un bout du ciel) et se dirigeant vers la route. Au fur et à mesure que ce rayon se rapproche du sol, il rencontre des indices de plus en plus faibles. Or on sait (lois de Descartes) que lors du passage d'un milieu à fort indice vers un milieu à faible indice, un rayon lumineux a tendance à s'éloigner de la normale à ces deux milieux. Si on imagine l'air découpé en tranches très fines parallèles au sol dans lesquelles l'indice de réfraction est constant, il est alors facile de se rendre compte que le rayon va se redresser au fur et à mesure qu'il descend vers le sol jusqu'à être quasiment parallèle au sol. A ce moment là, le rayon va finalement repartir vers le haut (sans avoir touché le sol) pour finalement venir taper l'œil de l'observateur.

A l'aide de ces informations, réaliser un schéma illustrant le chemin d'un rayon lumineux afin d'expliquer l'effet mirage. Justifier alors l'observation faite sur la route (voir photo) en considérant que le cerveau humain analyse les informations suivant le principe de propagation rectiligne de la lumière.

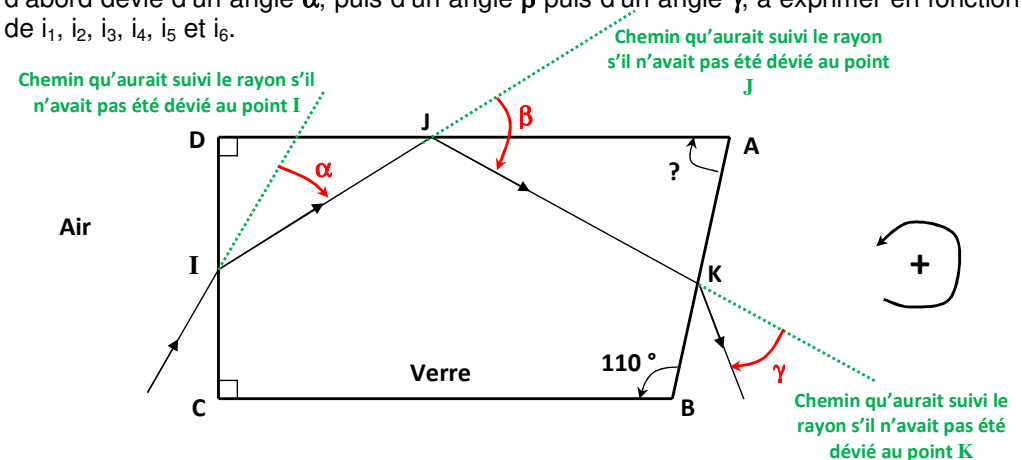
► Exercice 07 : (figure supplémentaire en fin d'énoncé pour ne pas légendé celle de l'énoncé)

Un rayon lumineux initialement dans l'air pénètre au point I dans un morceau de verre de forme trapézoïdale. Ce rayon suit alors le chemin représenté ci-contre :



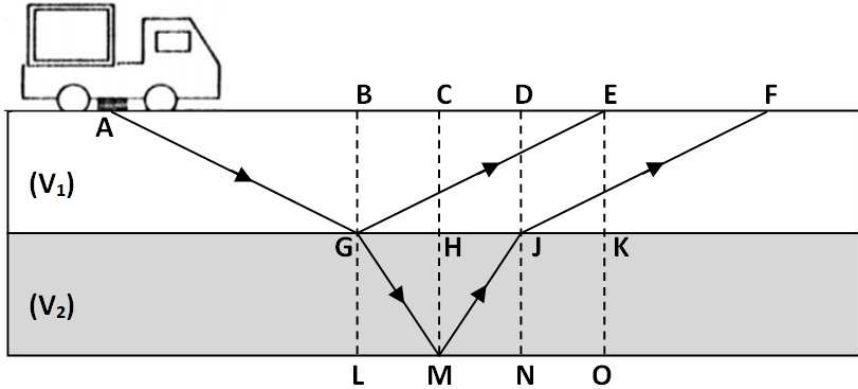
- Sur cette figure, les angles sont orientés, l'orientation positive des angles étant celle du sens trigonométrique ;
- La valeur absolue de l'angle d'incidence au point I vaut $|i_1| = 75,0^\circ$;
- On prendra $n_{\text{air}} = 1,00$ pour l'indice de réfraction de l'air et $n_v = 1,50$ l'indice de réfraction du verre.
- Les angles BCD et CDA du trapèze sont des angles droits et l'angle orienté CBA du trapèze vaut 110° .

- 1) Que vaut l'angle orienté BAD ?
- 2) Sur le schéma, représenter les angles ci-dessous et préciser leur signe :
les angles d'incidence orientés i_1 , i_3 et i_5 aux points I, J et K ;
les angles de réfraction orientés i_2 et i_6 aux points I et K ;
l'angle de réflexion orienté i_4 au point J.
- 3) Déterminer successivement la valeur des angles orientés i_1 , i_2 , i_3 , i_4 , i_5 et i_6 .
- 4) Justifier pourquoi le rayon ne ressort pas du trapèze en verre au niveau du point J alors qu'il en ressort au point K.
- 5) Déterminer l'angle total « D » dont est dévié le rayon depuis le point I jusqu'au point K. On pourra s'aider du schéma ci-dessous dans lequel on constate que le rayon est d'abord dévié d'un angle α , puis d'un angle β puis d'un angle γ , à exprimer en fonction de i_1 , i_2 , i_3 , i_4 , i_5 et i_6 .



► **Exercice 08 :** (figure supplémentaire en fin d'énoncé pour ne pas légènder celle de l'énoncé)

Un camion vibreur situé au point **A** (voir figure ci-dessous) envoie une salve d'ondes en direction du point **G** à l'aide d'un marteau venant périodiquement frapper le sol. Les ondes rencontrent alors deux couches géologiques : la couche blanche d'épaisseur h_1 et la couche grise d'épaisseur h_2 , où la célérité des ondes vaut respectivement $V_1 = 4000 \text{ m.s}^{-1}$ et $V_2 = 2000 \text{ m.s}^{-1}$.



Un géophone situé au point **E** mesure la durée Δt_E nécessaire à l'onde pour parcourir le trajet **AGE** et un autre géophone situé au point **F** mesure la durée Δt_F nécessaire à l'onde pour parcourir le trajet **AGMJF** : on a $\Delta t_E = 100 \text{ ms}$ et $\Delta t_F = 250 \text{ ms}$.

L'angle d'incidence au point **G** mesure $\alpha_1 = 60,0^\circ$.

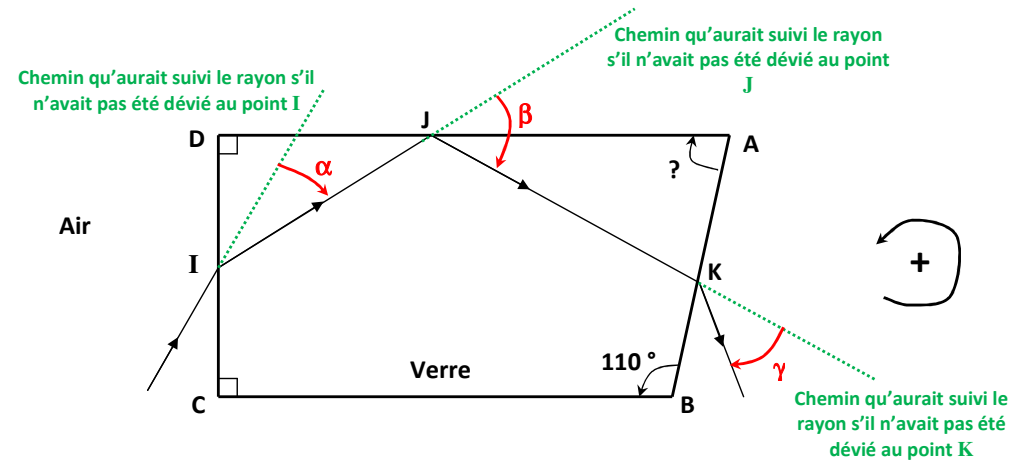
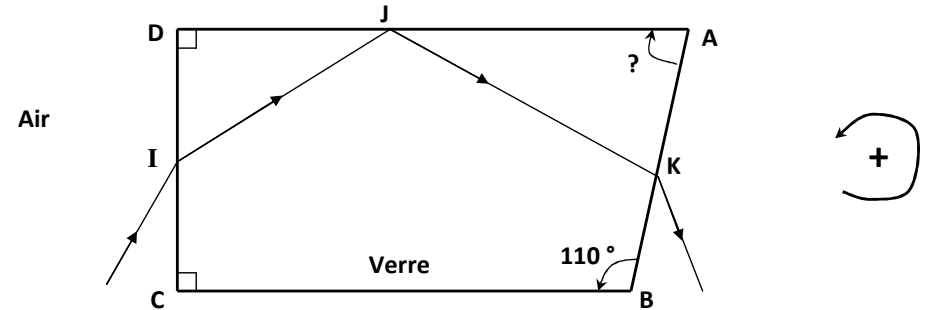
1) Etude du trajet AGE :

Exprimer l'épaisseur h_1 de la couche blanche en fonction de Δt_E , V_1 et α_1 puis faire l'application numérique.

2) Etude du trajet AGMJF :

- Représenter l'angle de réfraction α_2 au point **G** puis déterminer sa valeur.
- Représenter l'angle d'incidence α_3 au point **M** puis déterminer sa valeur.
- Représenter l'angle de réflexion α_4 au point **M** puis déterminer sa valeur.
- Représenter l'angle d'incidence α_5 au point **J** puis déterminer sa valeur.
- Représenter l'angle de réfraction α_6 au point **J** puis déterminer sa valeur.
- On note $\Delta t'$ la durée nécessaire aux ondes pour parcourir le trajet **GMJ**. Par un raisonnement qualitatif, montrer que $\Delta t'$ s'exprime simplement en fonction de Δt_F et de Δt_E .
- Exprimer l'épaisseur h_2 de la couche grise en fonction de $\Delta t'$, V_2 et α_3 puis faire l'application numérique.

► **Exercice 07 (figures supplémentaires pour ne pas légènder l'énoncé)**



► **Exercice 08 (figure supplémentaire pour ne pas légènder l'énoncé)**

